芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆生化参数和抗氧化能力的影响

苏家宜[1,2]　孔祥峰[2,3]　胡诚军[2]　解培峰[2]　印遇龙[2]　王志平[4]　王占彬[1*]

（1.河南科技大学，动物科技学院，洛阳 471003；2.中国科学院亚热带农业生态研究所，湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125；3.湖南省植物功能成分利用协同创新中心，长沙 410128；4.浏阳市畜牧兽医水产局，浏阳 410300）

摘　要：为了探讨中药渣用于断奶仔猪养殖的可行性，比较研究了芪楂口服液药渣发酵前和发酵后对断奶仔猪血浆生化参数和抗氧化能力的影响。试验选用 21 日龄断奶仔猪 120 头，随机分为 4 组，分别为空白对照组（不添加抗生素和氧化锌）、芪楂口服液药渣组（添加 5 kg/t 芪楂口服液药渣）、发酵芪楂口服液药渣组（添加 5 kg/t 发酵芪楂口服液药渣）和阳性对照组（添加 0.04 kg/t 维吉尼亚霉素+0.2 kg/t 硫酸黏杆菌素+3 000 mg/kg 氧化锌），每组 5 个重复，每个重复 6 头仔猪。试验期 28 d。分别于试验第 7 和 28 天，采血并测定血浆生化参数和抗氧化指标。结果表明：试验第 7 天，发酵芪楂口服液药渣组血浆总蛋白（TP）和球蛋白（GLB）含量显著高于 2 个对照组（*P*<0.05），白蛋白/球蛋白（ALB/GLB）值显著低于 2 个对照组（*P*<0.05），天冬氨酸氨基转移酶活性显著低于空白对照组（*P*<0.05），碱性磷酸酶活性显著低于芪楂口服液药渣组和阳性对照组（*P*<0.05），甘油三酯含量显著高于阳性对照组（*P*<0.05）；试验第 28 天，芪楂口服液药渣组血浆 TP、总胆固醇含量显著高于阳性对照组（*P*<0.05），ALB/GLB 值显著低于阳性对照组（*P*<0.05），发酵芪楂口服液药渣组血浆高密度脂蛋白胆固醇含量和超氧化物歧化酶（SOD）活性显著低于芪楂口服液药渣组（*P*<0.05），谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性显著低于芪楂口服液药渣组和空白对照组（*P*<0.05）。与试验第 7 天相比，试验第 28 天芪楂口服液药渣组血浆过氧化氢酶活性、发酵芪楂口服液药渣组血浆 TP 和 GLB 含量以及 GSH-Px 活性显著降低（*P*<0.05），2 个对照组血浆 TP、GLB 和 ALB 含量均显著降低（*P*<0.05），芪楂口服液药渣组血浆 SOD 活性、发酵芪楂口服液药渣组和阳性对照组的 ALB/GLB 值均显著升高（*P*<0.05）。综上所述，饲粮添加芪楂口服液药渣可以提高仔猪免疫力，芪楂口服液药渣发酵前后均对肝脏无不利影响，可作为饲料添加

收稿日期：2016－12－01

基金项目：湖南省战略性新兴产业科技攻关项目（2014GK1007）；中央驻湘科研机构技术创新发展专项（2013TF3006）；中国工程院咨询研究项目（2015-XY-41）

作者简介：苏家宜（1992－），女，河南新乡人，硕士研究生，从事猪营养生理研究。E-mail: sjy19920406@126.com

*通信作者：王占彬，教授，博士生导师，E-mail: wangzhanbin3696@126.com

剂用于养猪生产。

关键词：芪楂口服液药渣；发酵；断奶仔猪；生化参数；抗氧化能力

中图分类号：S816.7

在保育猪饲粮中添加抗生素和高剂量的氧化锌，可以缓解断奶应激引起的仔猪腹泻、促进仔猪生长和养分吸收等[1]。但抗生素和氧化锌的长期使用，会造成病原菌产生抗药性、抑制机体免疫力、破坏肠道微生态平衡等，严重威胁着养殖业的健康可持续发展[2]。因此，减少饲粮中抗生素和氧化锌的用量已成为养猪业亟待解决的问题。目前，应用中兽药治疗腹泻并解决药物残留和细菌耐药性问题已成为一种趋势，越来越受到国内外的关注[3-4]。例如，在饲粮中添加适量的黄芪、红景天和当归，对断奶仔猪的抗氧化力和免疫功能均有不同程度的改善作用[5]；由黄芪、刺五加、党参、山楂、丹参和壳寡糖组成的中药超微粉对断奶仔猪具有防病、促生长作用[6]。由于中药的提取不够完全，中药渣中还含有大量的药物成分、生物活性物质以及蛋白质、多糖、脂类、维生素和微量元素等营养成分。而中药渣经过微生物发酵，残留的功能物质得以充分释放，并产生新的次生代谢产物，纤维素等抗营养因子被转化为营养物质，从而发挥促进动物生长发育、增强机体免疫力和抗氧化功能等功效[7-8]。笔者前期研究发现，饲粮添加 5 kg/t 芪楂口服液药渣（Qi-Zha oral solution residues，QOR），可使断奶仔猪平均日采食量提高 2.4%；饲粮添加 5 kg/t 发酵芪楂口服液药渣，可使断奶仔猪平均日采食量提高 4.8%、平均日增重提高 8.3%，且能降低料重比；发酵芪楂口服液药渣改善肠道形态结构的效果优于芪楂口服液药渣[9]。在上述研究基础上，本试验测定了芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆生化参数和抗氧化能力的影响，旨在研发绿色饲料添加剂用于断奶仔猪饲料，减少或替代饲用抗生素和氧化锌的使用。

1　材料与方法

1.1　发酵芪楂口服液药渣制备

芪楂口服液药渣由湖南圣雅凯生物科技有限公司提供。取黄芪、山楂、苍术、麦芽、大黄和大青叶等中药经水提后的药渣，其总含水量控制在 40%～60%。接种 0.4%复合菌种（枯草芽孢杆菌:酵母菌:乳酸菌:丁酸梭菌=5:2:2:1，活菌量≥2×10^{10} CFU/g），置于 25 ℃以上条件下发酵，每天翻动 1～2 次。发酵 1 周后，减压真空干燥，粉碎后备用。测得芪楂口服液药渣和发酵芪楂口服液药渣中的干物质、总能、粗蛋白质、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、粗脂肪和粗灰分的含量分别为 95.04%和 95.84%、13.09 和 13.64 MJ/kg、7.72%和 8.55%、44.15%和 45.73%、50.07%和 25.78%、5.70%和 3.85%及 25.38%和 25.82%。

1.2　试验动物、分组与饲养管理

动物试验在中国科学院亚热带农业生态研究所新五丰永安实验基地进行，时间为 2015 年 7 月 16 日至 2015 年 8 月 12 日。试验选用 21 日龄断奶的杜×长×大杂交仔猪 120 头，平均体重 6 kg 左右，公、母各占 1/2，根据窝来源和体重随机分为 4 组，每组 5 个重复，每个重复 6 头仔猪。4 个组分别为空白对照组（不添加抗生素和氧化锌）、芪楂口服液药渣组（添加 5 kg/t 芪楂口服液药渣）、发酵芪楂口服液药渣组（添加 5 kg/t 发酵芪楂口服液药渣）和阳性对照组（添加 0.04 kg/t 维吉尼亚霉素+0.2 kg/t 硫酸黏杆菌素+3 000 mg/kg 氧化锌）。发酵前和发酵后芪楂口服液药渣的添加剂量根据预试验的生长性能和腹泻率结果确定；维吉尼亚霉素、硫酸黏杆菌素和氧化锌的添加剂量根据商业化饲料生产要求确定。基础饲粮参照 NRC（2012）营养需要配制成粉料，其组成及营养水平见表 1。试验期为 28 d。试验猪饲养在高床保育栏内，每次饲料添加量以吃饱后槽内略有余料为度，自由饮水。饲养管理和免疫程序按商业化养猪场规范进行操作。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（饲喂基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (fed-basis)　　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	22.0	消化能 DE/(MJ/kg)	14.23
碎米 Broken rice	25.0	粗蛋白质 CP	18.02
小麦粉 Wheat flour	12.0	粗脂肪 EE	4.37
葡萄糖 Glucose	3.0	粗灰分 Ash	3.82
豆粕 Soybean meal (46%CP)	10.5	粗纤维 CF	2.31
膨化大豆 Puffed soybean	10.0	钙 Ca	0.80
发酵豆粕 Fermented soybean meal	2.5	总磷 TP	0.55
鱼粉 Fish meal	3.0	有效磷 AP	0.40
低蛋白乳清粉 Low-protein whey powder	5.0	赖氨酸 Lys	1.38
鸡蛋粉 Egg powder	0.5	蛋氨酸 Met	0.49
豆油 Soybean oil	1.0	苏氨酸 Thr	0.87
柠檬酸 Citric acid	1.5	色氨酸 Trp	0.24
预混料 Premix[1)]	4.0		
合计 Total	100.0		

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 6 200 IU，VD_3 700 IU，VE 88 IU，VK 4.4 mg，VB_2 8.8 mg，泛酸 pantothenate 24.2 mg，烟酸 nicotinic acid 33 mg，氯化胆碱 chloride choline 330 mg，Cu 10 mg，Zn 100 mg，Fe 145 mg，Mn 40 mg，Se 0.1 mg，I 0.3 mg。

[2)]营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 样品采集与分析

分别于试验第 7 和 28 天 08：00，即仔猪空腹 14 h 后，每栏随机取 1 头仔猪，前腔静脉采血，肝素抗凝，4 000 r/min 离心 15 min 分离血浆，－20 ℃保存。

采用 CX4 型全自动血液生化分析仪（Beckman 公司）测定血浆总蛋白（TP）、球蛋白（GLB）、白蛋白（ALB）、甘油三酯（TG）、总胆固醇（TC）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）和低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）的含量以及天冬氨酸氨基转移酶（AST）、丙氨酸氨基转移酶（ALT）和碱性磷酸酶（ALP）的活性，并计算 ALB/GLB 值。生化试剂盒购自北京利德曼生化技术有限公司。

用多功能酶标仪（TECAN 公司）检测血浆谷胱甘肽（GSH）含量、总抗氧化能力（T-AOC）和丙二醛（MDA）含量以及谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、过氧化氢酶（CAT）和超氧化物歧化酶（SOD）的活性，试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.4 数据统计与分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析，并用 Duncan 氏法对各组的平均值进行多重比较；对不同试验阶段指标进行 *t* 检验。数据以"平均值±标准误"表示，P＜0.05 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆氮代谢相关生化参数的影响

由表 2 可知，试验第 7 天，发酵芪楂口服液药渣组血浆 TP 和 GLB 含量显著高于 2 个对照组（P<0.05），ALB/GLB 值显著低于 2 个对照组（P<0.05），AST 活性显著低于空白对照组（P<0.05），ALP 活性显著低于芪楂口服液药渣组和阳性对照组（P<0.05）；试验第 28 天，芪楂口服液药渣组血浆 TP 含量显著高于阳性对照组（P<0.05），ALB/GLB 值显著低于阳性对照组（P<0.05），GLB 含量显著高于其他 3 组（P<0.05）。与试验第 7 天相比，试验第 28 天发酵芪楂口服液药渣组 TP 和 GLB 含量以及 2 个对照组血浆 TP、GLB 和 ALB 含量均显著降低（P<0.05），发酵芪楂口服液药渣组和阳性对照组的 ALB/GLB 值均显著升高（P<0.05）。

表 2 芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆氮代谢相关生化参数的影响

Table 2 Effects of QOR and fermented QOR on plasma biochemical parameters related to nitrogen metabolism of weaned piglets (*n*=5)

项目 Items	空白对照组 Blank control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	阳性对照组 Positive control group
总蛋白 TP/(g/L)				
第 7 天 The 7th day	48.73±0.98[a]	50.70±1.27[ab]	53.17±0.72[b]	47.28±1.44[a]
第 28 天 The 28th day	37.53±1.79[ab*]	45.76±2.39[b]	39.78±4.39[ab*]	34.18±2.68[a*]
白蛋白 ALB/(g/L)				
第 7 天 The 7th day	29.13±0.77	28.60±0.94	28.04±0.76	27.68±1.09
第 28 天 The 28th day	22.90±0.75[*]	25.12±1.57	24.95±3.09	21.78±1.43[*]
球蛋白 GLB/(g/L)				
第 7 天 The 7th day	19.60±0.73[a]	22.10±0.68[ab]	25.12±1.04[b]	19.60±0.79[a]
第 28 天 The 28th day	14.63±2.22[a*]	20.64±1.21[b]	14.83±1.52[a*]	12.40±1.48[a*]
白蛋白/球蛋白 ALB/GLB				
第 7 天 The 7th day	1.50±0.08[a]	1.30±0.05[ab]	1.14±0.07[b]	1.43±0.07[a]
第 28 天 The 28th day	1.65±0.29[ab]	1.23±0.08[a]	1.69±0.12[ab*]	1.82±0.17[b*]
天冬氨酸氨基转移酶 AST/(U/L)				
第 7 天 The 7th day	97.59±20.34[a]	68.60±12.34[ab]	61.77±6.88[b]	42.97±4.45[b]
第 28 天 The 28th day	104.52±10.85	90.88±8.44	98.32±14.24	89.88±12.66
丙氨酸氨基转移酶 ALT/(U/L)				
第 7 天 The 7th day	45.51±7.22	36.78±3.04	37.89±2.82	36.94±2.12
第 28 天 The 28th day	38.90±5.22	37.48±5.39	36.60±2.36	44.96±7.97
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)				
第 7 天 The 7th day	255.98±25.58[bc]	286.62±22.96[b]	217.45±17.72[c]	374.15±29.24[a]
第 28 天 The 28th day	185.06±29.71	273.32±32.34	273.46±53.77	292.18±54.65

同行数据肩标不同字母表示差异显著（*P*<0.05），同列数据肩标*表示 2 个时间点比较差异显著（*P*<0.05）。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05),

and values of two time points in the same column with * mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆脂质代谢相关生化参数的影响

由表 3 可知，试验第 7 天，发酵芪楂口服液药渣组血浆 TG 含量显著高于阳性对照组（P<0.05）；试验第 28 天，芪楂口服液药渣组血浆 TC 含量显著高于阳性对照组（P<0.05），发酵芪楂口服液药渣组血浆 HDL-C 含量显著低于芪楂口服液药渣组（P<0.05）。与试验第 7 天相比，试验第 28 天 2 个对照组血浆 HDL-C 含量显著降低（P<0.05），空白对照组血浆 LDL-C 含量显著升高（P<0.05）。

表 3　芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆脂质代谢相关生化参数的影响

Table 3　Effects of QOR and fermented QOR on plasma biochemical parameters related to lipid metabolism of weaned piglets (n=5)　　mmol/L

项目 Items	空白对照组 Blank control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	阳性对照组 Positive control group
甘油三酯 TG				
第 7 天 The 7th day	0.41±0.05[ab]	0.44±0.05[a]	0.45±0.07[a]	0.26±0.02[b]
第 28 天 The 28th day	0.38±0.03	0.43±0.04	0.41±0.03	0.34±0.05
总胆固醇 TC				
第 7 天 The 7th day	1.59±0.05	1.74±0.06	1.79±0.07	1.54±0.32
第 28 天 The 28th day	1.78±0.16[ab]	2.03±0.20[a]	1.79±0.14[ab]	1.38±0.13[b]
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C				
第 7 天 The 7th day	0.64±0.04	0.69±0.02	0.65±0.04	0.63±0.03
第 28 天 The 28th day	0.48±0.04[b*]	0.76±0.12[a]	0.50±0.06[b]	0.39±0.06[b*]
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C				
第 7 天 The 7th day	0.66±0.02	0.75±0.05	0.76±0.02	0.95±0.22
第 28 天 The 28th day	0.97±0.10[*]	0.94±0.09	0.85±0.11	0.71±0.07

2.3 芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆抗氧化能力的影响

由表 4 可知，试验第 28 天，发酵芪楂口服液药渣组血浆 GSH-Px 活性显著低于芪楂口

服液药渣组和空白对照组（$P<0.05$），血浆 SOD 活性显著低于芪楂口服液药渣组（$P<0.05$）。与试验第 7 天相比，试验第 28 天芪楂口服液药渣组血浆 CAT 活性、发酵芪楂口服液药渣组血浆 GSH-Px 活性和阳性对照组血浆 SOD 活性显著降低（$P<0.05$），芪楂口服液药渣组血浆 SOD 活性显著升高（$P<0.05$）。

表 4　芪楂口服液药渣发酵前后对断奶仔猪血浆抗氧化能力的影响

Table 4　Effects of QOR and fermented QOR on plasma antioxidant ability of weaned piglets (*n*=5)

项目 Items	空白对照组 Blank control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	阳性对照组 Positive control group
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)				
第 7 天 The 7th day	53.83±9.43	55.37±3.97	51.14±13.22	64.65±14.62
第 28 天 The 28th day	50.61±12.79	43.45±7.45*	71.49±10.24	61.74 ±13.67
谷胱甘肽 GSH/(μmol/L)				
第 7 天 The 7th day	4.09±2.39	3.07±0.81	1.13±0.61	2.20±0.38
第 28 天 The 28th day	2.62±0.44	1.51±0.22	2.70±0.68	4.78±1.64
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)				
第 7 天 The 7th day	353.76±30.62	475.32±40.98	453.04±50.52	379.99±43.33
第 28 天 The 28th day	445.61±78.68a	423.74±23.82a	270.20±51.75b*	379.92±22.16ab
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)				
第 7 天 The 7th day	116.79±0.29	116.04±0.22	116.68±0.27	117.02±0.29
第 28 天 The 28th day	116.64±0.23b	117.54±0.41a*	116.49±0.70b	115.13 ±0.36b*
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)				
第 7 天 The 7th day	5.17±3.03	2.22±1.31	2.73±0.90	4.29±1.35
第 28 天 The 28th day	4.62±1.33	3.05 ±0.96	3.08±1.23	2.57±0.87

3　讨　论

血浆中 TP 由 ALB 和 GLB 组成，其含量高低可反映机体蛋白质合成代谢的强弱。ALB 由肝脏合成，GLB 是 B 淋巴细胞转化为浆细胞后分泌而成的，ALB/GLB 值（白球比）可反

映机体免疫系统状态，ALB/GLB 值降低说明有更多的 GLB 合成用于提高机体免疫机能[10-11]。本试验中，饲粮添加发酵芪楂口服液药渣第 7 天时，仔猪血浆 GLB 和 TP 含量高于 2 个对照组，ALB/GLB 比值低于 2 个对照组，提示发酵芪楂口服液药渣可以提高断奶早期仔猪免疫力；饲粮添加芪楂口服液药渣第 28 天时，仔猪血浆 GLB 含量均显著高于 2 个对照组，TP 含量显著高于阳性对照组，ALB/GLB 值显著低于阳性对照组，提示长期添加芪楂口服液药渣可以提高仔猪的免疫力。这与芪楂口服液组分中含有的大量黄芪甲苷可提高动物免疫力有关[12]。与试验第 7 天比较，试验第 28 天阳性对照组血浆 TP、ALB 和 GLB 含量显著降低、ALB/GLB 比值显著升高；与空白对照组相比，试验 28 d 时阳性对照组血浆 TP、ALB 和 GLB 含量显著降低，ALB/GLB 值显著升高，提示长期添加抗生素和氧化锌会对仔猪的免疫功能产生抑制作用，这是因为抗生素和氧化锌在抑制胃肠道内有害菌的同时，也对胃肠道内的有益菌造成了极大的破坏，从而大大降低了动物机体的免疫力[13]。

肝脏是异源物质在机体进行转化和代谢的主要场所[14]。ALT 和 AST 主要存在肝细胞胞浆和线粒体中，其活性的高低直接与肝细胞或线粒体的损伤程度相关[15-16]。本试验中，试验第 28 天芪楂口服液药渣组、发酵芪楂口服液药渣组和阳性对照组血浆 ALT、AST 活性与试验第 7 天时无显著差异，且与空白对照组也无显著差异，提示饲粮中添加芪楂口服液药渣、发酵芪楂口服液药渣与添加抗生素和氧化锌一样，对仔猪的肝脏均无不利影响。血浆 ALP 可催化磷酸分解，参与钙、磷的代谢，维持机体内钙、磷平衡。ALP 活性的高低可反映动物对蛋白质的代谢效率，其活性与猪的日增重呈正相关[17-18]。本试验中，阳性对照组血浆 ALP 活性在试验第 7 天时显著高于、第 28 天时高于另外 3 组，可能与饲粮添加高剂量氧化锌有关。因为 ALP 是体内重要的含锌酶，其活性与机体内锌的含量呈正相关，这与汤继顺等[19]的研究结果一致。另外，饲粮添加发酵芪楂口服液药渣后血浆 ALP 活性在试验第 7 天时降低、第 28 天时升高，这与仔猪平均日增重的变化规律一致，即断奶早期日增重降低、断奶后期日增重增加[9]。

TG 和 TC 是血脂不可缺少的组成部分，其含量高低反映了脂类的吸收和代谢，其含量越低脂肪利用率越高。HDL-C 负责转运 TC 到肝脏细胞氧化[20]。试验第 28 天，饲粮添加芪楂口服液药渣可显著提高仔猪血浆 HDL-C 含量，而不改变血浆 LDL-C 含量，提示芪楂口服液药渣组仔猪血浆中更多的 TC 可输送到肝脏并被氧化[21]。饲粮添加发酵前或发酵后芪楂口服液药渣，仔猪血浆 TC 和 TG 含量均升高，一方面可能与仔猪机体对脂肪利用率有关，另一方面可能是因为饲粮中添加了含有 5.70%、3.85%粗脂肪的发酵前和发酵后芪楂口服液药渣，使仔猪摄入脂肪含量升高，未利用的脂肪含量也升高。此外，试验第 28 天发酵芪楂口

服液药渣组的血浆 TG、TC、HDL-C 和 LDL-C 含量与 2 个对照组均无显著差异，提示发酵芪楂口服液药渣对仔猪血浆脂质的代谢无不利影响。

仔猪断奶后，由于饲粮结构发生重大改变，极易造成断奶应激，积累大量自由基，如果不及时清除，就会使细胞内的大分子物质产生氧化损伤[22]。MDA 含量的增加与引发脂质过氧化作用的自由基生成异常或机体抗氧化能力的降低有关，因此其含量能直接反映细胞膜被氧化的程度[23]。在本试验中，各试验组的血浆 MDA 含量无显著差异（数据未列出），表明断奶仔猪体内没有发生氧化损伤，这可能和断奶前饲喂一段时间的教槽料且试验过程中将教槽料和保育料进行了严格的逐步过渡有关。SOD 和 GSH-Px 属于机体主要的抗氧化酶系，其活性的高低直接反映了机体的抗氧化性能，并间接反映了机体清除自由基的能力[24]。在本试验第 28 天，芪楂口服液药渣组的血浆 SOD 和 GSH-Px 活性均显著高于发酵芪楂口服液药渣组，提示芪楂口服液药渣的抗氧化能力高于发酵芪楂口服液药渣。有研究表明，饲粮中添加适量黄芪多糖能够提高机体的抗氧化酶活性，增强抗氧化功能[25-26]。虽然本试验使用的芪楂口服液药渣和发酵芪楂口服液药渣中均含有一定量的多糖成分，但可能因为发酵条件破坏了多糖的相关活性基团，更深层的原因尚待进一步研究。

4 结 论

① 饲粮添加芪楂口服液药渣可提高仔猪免疫力，且对肝脏无不利影响，抗氧化能力高于发酵芪楂口服液药渣。

② 饲粮添加发酵芪楂口服液药渣可提高断奶早期仔猪的免疫力，对肝脏和脂质代谢均无不利影响。

③ 发酵前和发酵后芪楂口服液药渣均可作为饲料添加剂替代抗生素和氧化锌用于养猪生产。

参考文献：

[1] 申俊华,周安国,王之盛,等.包被氧化锌对断奶仔猪腹泻指数及肠道发育的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(6):894–900.

[2] STARKE I C,PIEPER R,NEUMANN K,et al.The impact of high dietary zinc oxide on the development of the intestinal microbiota in weaned piglets[J].FEMS Microbiology Ecology,2014,87(2):416–427.

[3] 刘秋东,张中文,刘凤华,等.复方白头翁胶囊对腹泻犬小肠绒毛长度和隐窝深度的影响[J].北京农学院学报,2011,26(3):38–40.

[4] 吕锦芳,闻爱友,宁康健,等.黄芩苷治疗仔猪腹泻的作用机制[J].中国兽医学

报,2016,36(8):1401–1405.

[5] 丁月云,周芬,张巍,等.黄芪、红景天、当归对断奶仔猪生长性能及相关生理机能影响的比较[J].中国农业科学,2011,44(16):3469–3476.

[6] 孔祥峰,印遇龙,黄瑞林,等.中药超微粉饲料添加剂对断奶仔猪生长性能和血清生化参数的影响[J].中国兽医学报,2008,28(2):184–188.

[7] 苏家宜,姬玉娇,张婷,等.发酵中药渣对断奶仔猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响[J/OL].天然产物研究与开发,(2016-09-12).http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1335.Q.20160912.1646.006.html.

[8] 任建波,胡忠宏,赵洪波,等.不同形式氧化锌对断奶仔猪生长性能及腹泻的影响[J].中国畜牧兽医,2013,40(6):125–128.

[9] 苏家宜,孔祥峰,李华伟,等.芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[J].动物营养学报,2017,29(6):页码待添加.

[10] 刘辉,季海峰,张董燕,等.饲粮添加短乳杆菌对生长猪生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(1):182–189.

[11] MORRILL J L,MORRILL J M,FEYERHERM A M,et al.Plasma proteins and a probiotic as ingredients in milk replacer[J].Journal of Dairy Science,1995,78(4):902–907.

[12] 李林,刘进辉.芪楂口服液中黄芪甲苷含量的测定[J].中兽医学杂志,2014(7):4–5.

[13] 谭兵兵,姬玉娇,丁浩,等.低聚木糖对断奶仔猪生长性能、腹泻率和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2556–2563.

[14] 常启发,白会新,石宝明,等.黄腐酸对生长猪生长性能、血清生化指标、血常规参数和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2013,25(8):1836–1842.

[15] LV Y F,TANG C H,WANG X Q,et al.Effects of dietary supplementation with palygorskite on nutrient utilization in weaned piglets[J].Livestock Science,2015,174:82–86.

[16] LIU Y Y,KONG X F,JIANG G L,et al.Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance,carcass trait,meat quality,and plasma metabolites in pigs of different genotypes[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2015,6(1):36.

[17] 李瑞,侯改凤,黄其永,等.德氏乳杆菌对哺乳仔猪生长性能、血清生化指标、免疫和抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2013,25(12):2943–2950.

[18] WANG K K,CUI H W,SUN J Y,et al.Effects of zinc on growth performance and biochemical parameters of piglets[J].Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences,2012,36(5):519–526.

批注 [T1]:

[19] 汤继顺,吴金节,王希春,等.锌源和锌水平对断奶应激仔猪血清生化指标的影响[J].中国兽医学报,2007,27(6):927–930,934.

[20] CHEN Y Y,GONG X X,LI G D,et al.Effects of dietary alfalfa flavonoids extraction on growth performance,organ development and blood biochemical indexes of Yangzhou geese aged from 28 to 70 days[J].Animal Nutrition,2016,2(4):318–322.

[21] MA S Q,MA M L,MU C L,et al.Comparisons of blood biochemical parameters,digestive enzyme activities and volatile fatty acid profile between Meishan and Yorkshire piglets[J].Animal Nutrition,2015,1(4):289–292.

[22] CHEN Y B,HU J,LYU Q J,et al.The effects of Natucin C-Natucin P mixture on blood biochemical parameters,antioxidant activity and non-specific immune responses in tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J].Fish & Shellfish Immunology,2016,55:367–373.

[23] 苏斌朝,王连生,王红,等.玉米干酒糟及其可溶物饲粮中添加共轭亚油酸或甜菜碱对肥育猪生长性能、血清生化指标及抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1737–1744.

[24] 王彦华,程宁宁,郑爱荣,等.苜蓿草粉和苜蓿皂苷对肥育猪生长性能和抗氧化性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(12):2981–2988.

[25] 王翠菊,王洪芳,陈辉,等.黄芪多糖对蛋鸡抗氧化性能和蛋品质的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):280–284.

[26] 白东清,吴旋,郭永军,等.长期投喂黄芪多糖对黄颡鱼抗氧化及非特异性免疫指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(9):1622–1630.

Effects of Qi-Zha Oral Solution Residues and Fermented Qi-Zha Oral Solution Residues on Plasma Biochemical Parameters and Antioxidant Ability of Weaned Piglets

SU Jiayi[1,2] KONG Xiangfeng[2,3] HU Chengjun[2] XIE Peifeng[2] YIN Yulong[2] WANG Zhiping[4] WANG Zhanbin[1*]

(1. *Henan University of Science and Technology*, *College of Animal Science and Technology*, *Luoyang* 471003, *China*; 2. *Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock*, *Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central*, *Ministry of Agriculture*, *Institute of Subtropical Agriculture*, *Chinese Academy of Sciences*, *Changsha* 410125, *China*; 3. *Hunan Co-Innovation Center of Utilizing Plant Functional Components*, *Changsha* 410128,*China*; 4. *Animal Husbandry and Veterinary Bureau of Liuyang City*, *Liuyang* 410300, *China)*

Abstract: The present study was conducted to determine the effects of Qi-Zha oral solution residues (QOR) and their fermented product on plasma biochemical parameters and antioxidant ability of weaned piglets, to explore the feasibility of dietary supplementation with herbal residues. A total of 120 piglets weaned at 21 days of age were randomly assigned to one of four groups with five replicates per group and six piglets per replicate, representing blank control group (without adding antibiotics and zinc oxide), QOR group (supplemented with 5 kg/t QOR), fermented QOR group (supplemented with 5kg/t fermented QOR) and positive control group (supplemented with 0.04 kg/t virginiamycin+0.2 kg/t colimycin+3 000 mg/kg zinc oxide). The experiment lasted for 28 days, and at the 7th and 28th day of the experiment, the blood samples were collected, respectively, for determining biochemical parameters and antioxidant indices. The results showed that, at the 7th day of the experiment, dietary supplementation with fermented QOR significantly increased the plasma contents of total protein (TP) and globulin (GLB) (P<0.05), and significantly decreased the ratio of albumin to GLB (ABL/GLB) (P<0.05) compared with the two control groups, as well as significantly increased plasma triglyceride content compared with the positive control group (P<0.05), while significantly decreased the plasma aspartic transaminase activity compared with the blank control group (P<0.05) and the plasma alkaline phosphatase activity compared with the QOR group and two control groups (P<0.05). At the 28th day of the experiment, dietary QOR supplementation significantly increased the plasma contents of TP and total cholesterol (P<0.05), while significantly decreased ALB/GLB (P<0.05) compared with the positive control group, dietary supplementation with fermented QOR significantly decreased plasma high-density lipoprotein cholesterol content and superoxide dismutase (SOD) activity compared with the QOR group (P<0.05), and also significantly decreased the plasma glutathion peroxidase (GSH-Px) activity compared with the QOR group and blank control group (P<0.05). At the 28th day of the experiment, the plasma catalase activity in QOR group, contents of TP and GLB and GSH-Px activity in the fermented QOR group, and the plasma contents of TP, GLB and ALB in two control groups were significantly decreased (P<0.05), while the plasma SOD activity in the QOR group, ALB/GLB in the fermented QOR and positive control groups were significantly increased (P<0.05) compared with the 7th day of the experiment. Collectively, these findings suggest that dietary supplementation with the QOR can improve immunity of weaned piglets, and dietary supplementation with the QOR or fermented QOR do not adversely affect the

liver. Therefore, they can be used as feed additive in swine production.

Key words: Qi-Zha oral solution residues; fermentation; weaned piglets; biochemical parameters; antioxidant ability

*Corresponding author, professor, E-mail: wangzhanbin3696@126.com (责任编辑　田艳明)